



Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/> Eprints ID : 17230

The contribution was presented at IHM 2016:

<http://ihm16.afihm.org/#!/>

To cite this version : Gutierrez, Olivier and Truillet, Philippe and Dubois, Emmanuel *Un cadre de conception centré utilisateur pour les systèmes de biofeedback*. (2016) In: 28ieme conference francophone sur l'Interaction Homme-Machine (IHM 2016), 25 October 2016 - 28 October 2016 (Fribourg, Switzerland).

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr

Un cadre de conception centré utilisateur pour les systèmes de biofeedback

A user-centered design framework for biofeedback systems

Olivier Gutierrez

Université Toulouse & CNRS / IRIT
31062 Toulouse, France
Olivier.Gutierrez@irit.fr

Philippe Truillet

Université Toulouse & CNRS / IRIT
31062 Toulouse, France
Philippe.Truillet@irit.fr

Emmanuel Dubois

Université Toulouse & CNRS / IRIT
31062 Toulouse, France
Emmanuel.Dubois@irit.fr

Résumé

Le biofeedback est défini comme une technique que vous pouvez utiliser pour apprendre à contrôler les fonctions de votre corps. En substance, le biofeedback vous donne le pouvoir d'utiliser vos données physiologiques pour contrôler votre corps, souvent pour améliorer un état de santé ou de la performance physique.

Nous présentons dans cet article une synthèse des composants de l'architecture de systèmes de biofeedback basé sur la littérature. Ensuite, nous proposons un cadre complet de conception pour permettre d'aider à la conception de systèmes avec biofeedback.

Mots clés

Cadre de conception, Biofeedback, IHM.

Abstract

Biofeedback is defined as a technique that you can use to learn how to control the functions of your body. In essence, biofeedback gives you the power to use your physiological data to control your body, used frequently to improve a state of health or physical performance.

We present in this article a summary of the components of the architecture of biofeedback systems based on literature. Then we offer a complete design framework to allow help to design systems with biofeedback.

Author Keywords

Design Framework, Biofeedback, Computer-Human Interaction

ACM Classification Keywords

H.1.2 Human information processing; User/Machine Systems; Information Systems

Introduction

L'objectif de systèmes de biofeedback (parfois appelé *rétroaction biologique*) est de redonner à l'utilisateur le contrôle de son propre corps de façon à traiter un ensemble de problèmes de santé.

De nombreux systèmes de biofeedback sont utilisés à l'hôpital, centres médicaux et de plus en plus à domicile. Si peut trouver dans la littérature des informations qui indiquent les composants électroniques à utiliser dans les dispositifs de biofeedback [11], aucun document ne fait la synthèse sur les critères à prendre en compte lors de la conception de systèmes de biofeedback, comment ils doivent être structurés et organisés. [8] font d'ailleurs la même constatation. De plus, selon [11], aucune vue conceptuelle, empirique ou pratique définitive n'existe.

Des composants sont par exemple présents dans certains systèmes et sont absents dans d'autres. En effet, certains systèmes mettent en œuvre une connexion directe entre les capteurs et le retour (feedback) à l'utilisateur [1]. D'autres systèmes fournissent des fonctionnalités supplémentaires comme l'enregistrement de l'ensemble des données collectées. Ils peuvent aussi parfois rejouer une séquence enregistrée en mettant l'accent sur des « moments particuliers » des séquences [3]. Enfin, on peut remarquer que la terminologie n'est souvent pas la même pour désigner des concepts identiques [2], [7], [9].

Si la place du patient est au cœur des préoccupations des spécialistes, sa place en tant qu'utilisateur est peu considérée. Il n'est donc pas possible d'évaluer un système sur des critères « IHM », par exemple pour mesurer la performance, la satisfaction ou l'ergonomie. Pourtant, tout système de biofeedback fournit intrinsèquement une information à percevoir. Accorder une place plus grande à l'utilisateur dans la conception des systèmes de biofeedback est donc important pour faciliter leur utilisation et intégration dans la population.

Même si chaque solution développée produit des effets bénéfiques pour une pathologie précise [12], [6], elle n'est pas forcément réutilisable dans un autre cas de figure. Il est de plus difficile de comparer les systèmes entre eux, pas seulement à cause de leur prix mais surtout parce qu'ils ne sont pas décrits avec un vocabulaire unifié.

Le biofeedback est finalement beaucoup plus qu'une connexion directe entre des capteurs en entrée et des effecteurs en sortie. Il nous semble donc qu'un cadre de conception de systèmes de biofeedback est nécessaire afin de pouvoir classer et comparer des systèmes entre eux. Dans

un premier temps, nous avons commencé à recenser à partir d’une revue de littérature les différents composants mis en œuvre dans la boucle de biofeedback.

Composants principaux de la boucle de biofeedback

Nous présentons ci-après une synthèse de composants d’architecture de systèmes de biofeedback issus de la littérature.

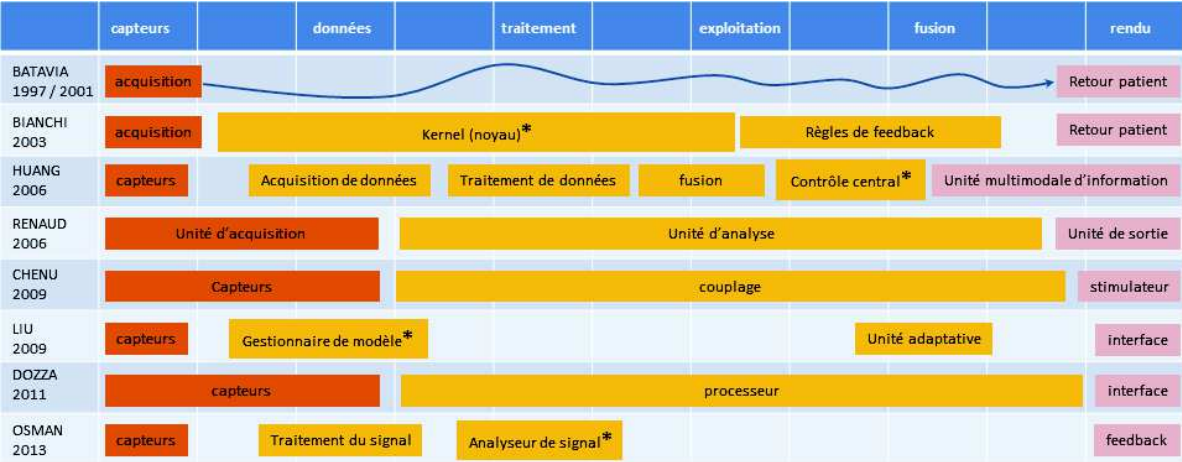


Figure 1. Répartition des composants d’architecture recensés dans la littérature.
(L’astérisque indique une interaction avec une base de données dans le système d’origine)

Cette proposition tente de concilier les différentes dénominations rencontrées et établit un ensemble d’étapes à prendre en compte dans la conception d’un système de biofeedback.

La **Figure 1** est organisée de la façon suivante : sur chaque ligne se trouve les configurations proposées par leurs auteurs respectifs, les composants mentionnés et la terminologie

employée. Les colonnes correspondent aux concepts principaux qui se sont dégagés et que nous avons renommés pour qu’ils répondent au plus près à la fonction qu’ils occupent. Enfin, la largeur des composants est ajustée à une ou plusieurs colonnes à partir de la description faite par les auteurs.

Notre contribution repose sur différentes actions menées de manière « intra-modèle » puis « extra-modèle ». Pour l’étude intra-modèle, nous avons raisonné sur les différents modèles dans leur ensemble afin de s’approprier chaque composant et les comprendre dans le sens défini par ses auteurs. Il a aussi été nécessaire de les situer quant à leurs tenants et leurs aboutissants. Pour l’étude extra-modèle, nous avons comparé les modèles entre eux, en faisant en sorte de les positionner les uns par rapport aux autres. Il a été aussi nécessaire de les scinder en prenant soin de ne pas les priver de certaines fonctionnalités pendant cette opération.

Cadre de conception et chaine d’influence

Le biofeedback est traditionnellement limité à la boucle de rétroaction. Nous l’avons étendu au-delà de l’utilisation seule du système par le patient pour mettre en avant le rôle du praticien, à notre sens essentiel dans ce type de système. Cette inclusion permet de formaliser de nouveaux concepts qui émergent suite à cette prise en compte. Ces concepts font d’autre part apparaître que l’utilisateur a lui aussi un rôle dans cette chaine d’influence.

En effet, le praticien est impliqué dans la conception du dispositif : il connaît les dimensions physiques à mesurer, il a aussi une connaissance étendue de la pathologie. A ce titre, il sait interpréter les données, il est le garant de la rééducation. Il peut aussi évaluer la nécessité d’apporter des corrections au dispositif pour une meilleure compréhension de

l'utilisateur ou le conseiller dans son utilisation du dispositif. Le parti pris de le considérer comme faisant partie de la boucle de biofeedback exprime le fait qu'il influence la conception des dispositifs dès les premières phases. En effet, des données supplémentaires peuvent être prises en compte que lui seul saura interpréter même si elles ne seront pas utilisées par le patient. Enfin, nous considérons que le fait de concevoir en parallèle le dispositif pour l'utilisateur et des outils pour le praticien pourra permettre aux nouveaux

praticiens de se former à ces nouvelles techniques, d'apprendre à les maîtriser et comprendre leur utilité.

Des études mettent aussi en avant les avantages apportés par le fait de permettre au patient d'utiliser un dispositif malgré l'absence du praticien tout en donnant à ce dernier la possibilité d'accéder aux données de façon quotidienne [4], [5] et [10]. Il est donc manifeste que le praticien doit participer à la conception du dispositif de biofeedback en collaboration avec les spécialistes d'autres domaines. En outre, [4] considère qu'il est nécessaire de réaliser une conception qui prenne en compte les faiblesses et les potentiels de l'utilisateur auquel le système est destiné.

Le cadre de conception proposé dans cet article (cf. **Figure 2.**) est basé sur une synthèse de l'état de l'art. D'un point de vue général, les éléments essentiels sont : la présence des acteurs, le patient et le praticien dans un même schéma ainsi que leur boucle d'interaction avec le système en mettant en avant ce que nous nommons « la chaîne d'influence ». Cette chaîne d'influence formalise ce qui jusqu'à présent n'était pas mentionné de façon explicite dans la littérature mais agissait positivement ou négativement de façon implicite sur les utilisateurs et les résultats de la rééducation par le biais du biofeedback. En explicitant les étapes servant à l'étude des systèmes, aux buts des praticiens et des utilisateurs, au(x) contexte(s) d'utilisation, au type de tâches et enfin aux capacités des utilisateurs, nous proposons un cadre dans lequel on ne traite pas le dispositif de biofeedback en tant que tel mais à sa conception et par voie de conséquence aux résultats finaux.

La première étape de la chaîne d'influence (**A**) traite des aspects du biofeedback au niveau conceptuel, c'est-à-dire, de la définition de métriques qui permettront d'évaluer

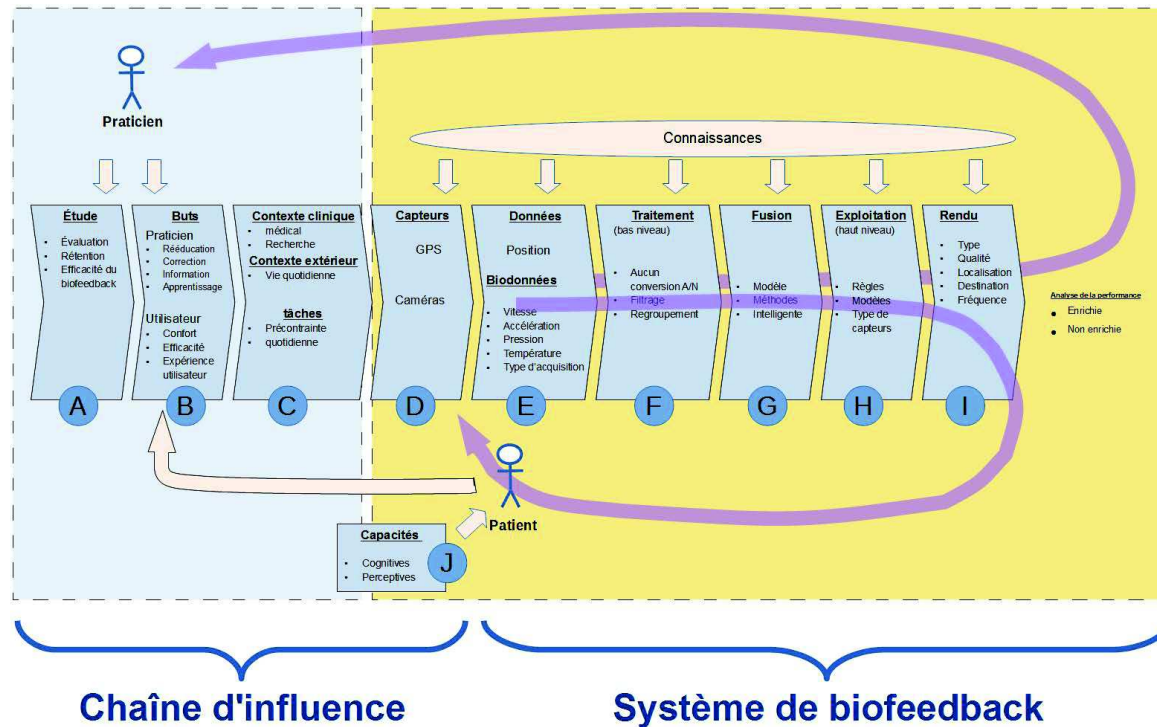


Figure 2. Le cadre de conception avec ses deux parties : la boucle de biofeedback complétée par la chaîne d'influence

l'efficacité de ces systèmes individuellement, dans leurs résultats immédiats mais aussi dans l'aspect rétention. Cette étape sera idéalement suivie par la possibilité de comparer les systèmes entre eux. Il s'agit de la démarche qui se consacre à l'étude du biofeedback, à sa compréhension et son amélioration.

La deuxième étape (**B**) identifie les buts du praticien et les buts du patient. S'ils sont complémentaires et tournés vers le même objectif final, ils n'ont cependant pas toujours la même portée et il n'est pas inutile qu'ils soient formalisés par une partie comme par l'autre. La troisième étape (**C**) traite principalement du lieu géographique où sera réalisé le biofeedback et le type de tâches qui seront exécutées.

Enfin, la dernière étape de la chaîne (**J**) décrit les capacités de l'utilisateur. S'il paraît évident que la modalité utilisée doit correspondre à un sens qui soit fonctionnel chez l'utilisateur, il y a des cas moins triviaux. Par exemple, l'utilisation de multiples indices superposés au retour principal doit tenir compte des capacités de l'utilisateur, notamment dans la réhabilitation neuro-motrice où la cognition et la perception peuvent être affaiblies. Le recours à la fusion de données peut être une des réponses apportées. Elle permet au système de se comporter en tenant compte de multiples entrées tout en ne diffusant qu'une synthèse de celles-ci [4]. La prise en compte des capacités de l'utilisateur est un levier primordial ; il faudra veiller à considérer ce thème d'autant plus que le nombre de modalités est important. Le recours à des évaluations auprès d'utilisateurs semble plus que nécessaire.

Conclusion

Après une analyse de la littérature, nous avons extrait deux composants essentiels d'un système de biofeedback : une

chaîne d'influence d'une part et la boucle de rétroaction d'autre part. Beaucoup de systèmes de biofeedback sont réalisés de manière ad hoc. Ce cadre de conception est nécessaire et synthétise les bonnes pratiques qui ont déjà pu apparaître ou celles à venir.

Dans cet article, nous avons proposé une terminologie commune et cohérente entre les systèmes. Cela permet de capitaliser les expériences précédentes. Nous avons aussi proposé de nouveaux termes dont l'objectif est d'éclaircir certaines zones non définies en permettant de poser des questions que nous estimons nécessaires lors de la phase de conception.

Nous avons mis en évidence, les composants principaux qui interviennent dans la boucle de biofeedback. Nous avons aussi fait apparaître des composantes périphériques et avons justifié leur importance. Nous avons proposé une structuration de la boucle de biofeedback en composants principaux et cohérents entre eux.

Enfin, nous avons montré l'importance du praticien dans l'ensemble de la boucle mais aussi un point de vue différent sur l'utilisateur, faisant émerger de nouvelles questions auxquelles il est important d'apporter une réponse.

Etant donné la facilité d'accès à des capteurs à bas coût mais aussi la démocratisation des smartphones et l'engouement pour les traqueurs d'activité, les systèmes de biofeedback embarqués nous semblent être une piste majeure d'exploration.

Nous estimons qu'elle sera d'autant plus intéressante qu'elle aura été conçue en complément d'un dispositif de biofeedback utilisé en contexte médical où le praticien pourra profiter de l'avantage de l'environnement clinique utilisé ponctuellement par le patient couplé à un dispositif embarqué. L'utilisation de données communes aux deux

systèmes laisse présager des possibilités de gestion de la rééducation très prometteuses.

Références

- [1] Batavia M., Gianutsos J. G., Vaccaro A., et Gold J.T, *A do-it-yourself membrane-activated auditory feedback device for weight bearing and gait training: a case report*. Arch. Phys. Med. Rehabil. 82, 4 , 541-545. DOI:http://dx.doi.org/10.1053/apmr.2001.21931, avril 2001
- [2] Chenu O. *Conception et validation d'un dispositif de suppléance perceptive dédié à la prévention des escarres*, Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier, Grenoble, 2009
- [3] Fitzgerald D. et al. *Development of a wearable motion capture suit and virtual reality biofeedback system for the instruction and analysis of sports rehabilitation exercises*. In 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Lyon - France: IEEE, 4870-4874. DOI:http://dx.doi.org/10.1109/IEMBS.2007.4353431, août 2007
- [4] Huang H., Wolf SL. et He. J. *Recent developments in biofeedback for neuromotor rehabilitation*. J. Neuroeng. Rehabil. , 11. DOI:http://dx.doi.org/10.1186/1743-0003-3-11, janvier 2006
- [5] Jovanov E., Milenkovic A., Otto Ch. et de Groen P. *A wireless body area network of intelligent motion sensors for computer assisted physical rehabilitation*. J. Neuroeng. Rehabil. 2, 1, 6. DOI:http://dx.doi.org/10.1186/1743-0003-2-6, 2005
- [6] Kaye J. D., et .Palmer L. S. *Animated biofeedback yields more rapid results than nonanimated biofeedback in the treatment of dysfunctional voiding in girls*. J. Urol. 180, 1, pp. 300-305, DOI:http://dx.doi.org/10.1016/j.juro.2008.03.078, juillet 2008
- [7] Liu H., Hu J., et Rauterberg M.. *Software architecture support for biofeedback based in-flight music systems*. In 2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology. Beijing, China: IEEE, pp. 580-584. DOI:http://dx.doi.org/10.1109/ICCSIT.2009.5234489, 2009
- [8] Osman A. H., Eid M. et El Saddik A. *U-biofeedback: a multimedia-based reference model for ubiquitous biofeedback systems*. Multimed. Tools Appl. 72, 3, pp.3143-3168. DOI:http://dx.doi.org/10.1007/s11042-013-1590-x, octobre 2014
- [9] Renaud P., Albert G., Chartier S., Bonin M-P. et Decour P., *Mesures et rétroactions psychophysiologiques en immersion virtuelle : le cas des réponses oculomotrices et sexuelles*, IHM'2006, Montréal, pp. 175-178. DOI:http://dx.doi.org/10.1145/1132736.1132762, 2006
- [10] Rodrigues J., Pereira O., et Neves P., *Biofeedback data visualization for body sensor networks*. J. Netw. Comput. Appl. 34, 1, pp. 151-158, DOI:http://dx.doi.org/10.1016/j.jnca.2010.08.005, janvier 2011
- [11] Schwartz F., Andrasik M. *Biofeedback: A Practitioner's Guide*, The Guilford Press; Second Edition edition, March, 1995
- [12] Vuillerme N., Boisgontier. M., *Effectiveness of a tongue-placed electrotactile biofeedback to improve ankle force sense following plantar-flexor muscles fatigue*. Gait Posture 30, 4, pp.556-559, novembre 2009